Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 2, 2024, p. 247-264

Evaluation of Agricultural Sustainability based on Environmental, Economic and Social Dimensions using the Vikor Model (Semnan Urban Area)

Donya Bayzidnezhad [1], Masood Taghipour [2], Hamed Ghaderzadeh [3*] and Emad Valizadeh [4]

1 and 2- Ph.D. Student and Ph.D. in Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran, Iran, respectively.
3- Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran.
4- MSc. Student of Economic Development and Planning, Department of Economics, Payam Noor University, West Tehran, Tehran, Iran.
(*- Corresponding author's Email: hamedar2002 @uok.ac.ir)

Received: 10-12-2022 Revised: 23-02-2023 Accepted: 18-03-2023 Available Online: 18-03-2023	How to cite this article: Bayzidnezhad, D., Taghipour, M., Ghaderzade, H., & Valizadeh, E. (2024). Evaluation of agricultural sustainability based on environmental, economic and social dimensions using the Vikor model (Semnan urban area). Journal of Agroecology, 16(2), 247-264. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2023.79828.1132

Introduction

Population growth and increased human demand for food have increased the requirements for agricultural products. Sustainable agriculture is a farming method that emphasizes long-term sustainability with minimal impact on the environment. Therefore, in order to achieve sustainable agriculture, it is necessary to identify indicators and criteria of sustainability and make a real assessment of the situation in order to measure sustainability or instability based on the criteria of sustainable agriculture. This study has evaluated and compared the sustainability of agriculture and ranked selected cities of Semnan province (Semnan, Sorkheh and Mehdishahr) according to the level of sustainability by using criteria consisting of environmental, social and economic multi-criteria decision-making criteria.

Materials and Methods

This research is descriptive-analytical with an applied nature. The method of collecting survey data is the library. In the analysis process, while using quantitative data from organizations and statistics, experts' opinions have also been used. The selection of questioned people has been done in a stratified and quota manner, and in this method random selection of people should be strictly avoided. There are various methods to evaluate sustainability, but the most efficient ones are based on the explanation of various criteria and indicators. Evaluation of agricultural sustainability in Semnan, Mahdishahr and Sorkheh cities in the form of three social, economic and environmental criteria, and each of them includes several sub-criteria, which is carried out through the Shannon entropy method of weighting them and then through the Vikor Bin method. The agricultural sustainability of these three cities is evaluated.

https://doi.org/10.22067/agry.2023.79828.1132

Results and Discussion

Based on the results obtained from the three criteria considered in the agricultural sustainability evaluation section, the environmental criterion, with a final weight of 0.52 has won the highest score, followed by the economic criterion, with a weight of 0.3 in the second place and the social criterion with a value of 0.17 has the lowest weight of the criterion in the evaluation of agricultural sustainability. According to the obtained results, among the environmental sub-criteria, the chemical fertilizer distribution sub-criteria with a weight of 0.101 and the consumption of poisons with a weight of 0.097 and also the sub-criteria of efficient irrigation systems with a weight of 0.081 are the most important and Soil fertility sub-criterion with a weight of 0.050 has the least importance in agricultural sustainability. In other words, reducing the use of chemical fertilizers and pesticides while simultaneously increasing the efficient use of new irrigation systems enhances agricultural sustainability. This approach is one of the fundamental solutions to address water scarcity by improving irrigation efficiency. Among the economic sub-criteria, the sub-criterion of water economic efficiency, with a weight of 0.076, and the yield of agricultural products, with a weight of 0.062, are the most important. Conversely, the sub-criterion of the income ratio of rural to urban households, with a weight of 0.032, is the least important. Among the sub-criteria of the social index, the sub-criterion of forming sustainability promotion classes (education) with a weight of 0.067 is the most important, and the sub-criterion of population density with a weight of 0.028 has the least role in the sustainability of agriculture. The high importance of farmers' awareness of sustainable farming systems means that increasing this awareness will significantly enhance agricultural sustainability. This can be achieved through the formation of extension classes and necessary training programs, which will have the greatest impact on promoting sustainable agriculture. Sorkheh City, with an area of 9222 square kilometres, is in first place, Semnan with an area of 11017 square kilometres, is in second place, and Mahdishahr City is in third place, with an area of 1943 square kilometres in terms of sustainable agriculture.

Conclusion

In general, the results of this research make it possible to know the importance of different parameters affecting sustainability, to evaluate sustainability and to compare the cities of Semnan province with appropriate accuracy so that an effective step can be taken in applying appropriate policies to improve the sustainability of agriculture.

Keywords: Criteria weighting, Evaluation indicators, Multi-criteria analysis, Shannon entropy, Sustainable Agricultural development

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص ۲۶۴-۲۴۷

ارزیابی پایداری کشاورزی بر پایه ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی با استفاده از مدل ویکور (منطقه شهری سمنان)

دنیا بایزیدنژاد[۱]، مسعود تقی‌پور[۲]، حامد قادرزاده[۳*] و عماد ولی‌زاده[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷

چکیده

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی پایداری کشاورزی در شهرستان‌های سمنان، سرخه و مهدیشهر انجام شده است. شاخص‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به‌عنوان شاخص‌های تصمیم‌گیری ارزیابی در نظر گرفته شدند. اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی و سالنامه‌های آماری استان سمنان (سال ۹۵- ۱۳۹۱) جمع‌آوری گردید. تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها از طریق آنتروپی شانون و رتبه‌بندی شهرستان‌های مذکور از لحاظ پایداری کشاورزی با مدل ویکور انجام گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده از روش آنتروپی از سه معیار در نظر گرفته شده در بخش ارزیابی پایداری کشاورزی، معیار زیست‌محیطی با وزن نهایی ۰/۵۲ بالاترین امتیاز را کسب کرده است و بعد از آن معیار اقتصادی با وزن ۰/۳ در رتبه دوم و معیار اجتماعی با مقدار ۰/۱۷ کمترین وزن معیار را به خود اختصاص داده است. همچنین، نتایج مدل ویکور نشان داد که از مجموع سه معیار و ۱۸ زیرمعیار مورد مطالعه، پایداری کشاورزی در سه شهرستان استان سمنان با هم متفاوت است، به‌طوری‌که شهرستان سرخه با مساحت ۹۲۲۲ کیلومترمربع در رتبه اول، سمنان با مساحت ۱۱۰۱۷ کیلومترمربع در رتبه دوم و شهرستان مهدیشهر با مساحت ۱۹۴۳ کیلومترمربع در رتبه سوم از نظر کشاورزی پایدار قرار دارند. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که معیار زیست‌محیطی بیشترین و معیار اجتماعی کمترین تأثیر را در پایداری کشاورزی مناطق منتخب دارد. افزون بر این، نتایج بیانگر آن است که شهرستان سرخه مطلوب‌ترین منطقه در بین سه شهرستان به لحاظ پایداری کشاورزی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتروپی شانون، تحلیل چند معیاره، توسعه پایدار کشاورزی، شاخص‌های ارزیابی، وزن‌دهی معیارها

مقدمه

رشد جمعیت و افزایش نیاز انسان به غذا باعث افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی شده است (Spiertz, 2010). بنابراین، کودهای شیمیایی، محصولات هورمونی و غیره وارد بخش کشاورزی گردید و تلاش زیادی برای افزایش تولیدات کشاورزی برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده مواد غذایی، انجام شد. امّا این افزایش فعالیت با چالش‌های زیست‌محیطی همراه بوده و پیامدهای زیادی مانند فرسایش خاک، از بین رفتن تنوع زیستی، گرم شدن کره زمین و آلودگی آب، خاک و هوا را به دنبال داشته است (Koocheki et al., 2013).

عوارض زیست‌محیطی ناشی از اجرای برنامه‌های توسعه کشاورزی مبتنی بر فناوری انقلاب سبز منجر به معرفی مفهوم پایداری در بهره‌برداری از منابع کشاورزی شد (Tatlidil et al., 2009; Jamali Moghadam et al., 2017). اقتصاددانان و متخصصان محیط‌زیست بر مقوله توسعه پایدار در سطح جهانی بسیار

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دکترای اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.
۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد توسعه اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشگاه پیام‌نور غرب تهران، تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: hamedar2002 @uok.ac.ir)

تأکید کرده‌اند. منشأ چنین تفکری از اصل حفظ کمّی و کیفی منـابع و سرمایه‌های طبیعت یا توزیع بهینه عوامل و منابع تولید در حوزه تولید محصول (کشاورزی یا غیرکشاورزی) نشأت می‌گیـرد. وقتـی پایـداری هدف نهایی باشد؛ توسعه، مسـتلزم ایجـاد تـوازن بـین سیسـتم‌هـای اکولوژیکی، اجتماعی و اقتصادی است. در بخـش کشـاورزی، اهـداف پایداری شامل حفظ یا افزایش ذخـایر طبیعـی محـیط‌زیسـت، تـأمین نیازهـای انسـان بـه غـذا، دوام اقتصـادی و رفـاه اجتمـاعی اسـت (Ghanbari & Barghi, 2009).

مهم‌ترین معیارهای توسعه پایدار کشاورزی از نظـر فـائو (FAO) عبارتند از: ۱- تامین نیازهای اساسی غذایی نسل حال و آینده از نظـر کمّی و کیفی و در عین حال عرضه محصولات کشـاورزی ۲- ایجـاد اشتغال پایدار، درآمد کافی و شرایط مناسب زندگی و کار برای افرادی که به تولیدات کشاورزی مشغول هستند ۳- حفـظ و ارتقـای ظرفیـت تولیدی منابع طبیعی پایه و منابع تجدید پذیر بدون ایجـاد اخـتلال در عملکرد چرخه‌هـای اولیـه اکولـوژیکی و تعـادل طبیعـی ۴- کـاهش آسیب‌پذیری بخش کشـاورزی در برابـر عوامـل طبیعـی، تهدیـدهای اقتصادی و اجتماعی و غیره و تقویت خوداتکایی منطقه (Munssing & Shearer, 1995).

کشاورزی پایدار نـوعی روش کشـاورزی اسـت کـه بـر پایـداری بلندمدت با حداقل تأثیر بر محیط زیست تأکیـد دارد. بنـابراین، بـرای دستیابی به کشاورزی پایدار باید شـاخص‌هـا و معیارهـای پایـداری را شناسایی کرد و ارزیابی واقعـی از وضـعیت انجـام داد تـا پایـداری یـا ناپایداری را براساس معیارهای کشـاورزی پایـدار سـنجید. معیارهـای اندازه‌گیری پایداری کشاورزی باید دارای دو ویژگی مهـم باشـند، ۱- حرکت به سمت توسعه پایدار را نشان دهنـد و ۲- در منطقـه قابلیـت محاسبه داشته باشند (Yaghobi & Sedighi, 2016).

ایران جزء کشورهایی است که دارای تنوع زیسـتی، شـرایط آب و هوایی و اقلیمی متفاوت است. بر همین اساس، شناسایی ویژگی‌هـای خاص هر منطقه برای رسیدن به توسعه پایدار ضروری به نظـر مـی‌رسد. مطالعات مختلفی به ارزیابی پایداری کشاورزی براسـاس جنبـه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطزیسـتی در داخـل و خـارج از ایـران پرداخته‌اند از جمله چن (Chen, 2000) به توسعه پایدار کشـاورزی در چـین را مـورد مطالعـه قـرار داد و تأکیـد ویـژه‌ای بـر اسـتانداردهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی داشت. در مطالعه ژن و روتـاری (Zhan & Routary, 2003) به دو شاخص مهـم آگـاهی و آمـوزش کشاورزان، دسترسی به منابع و امنیت غذایی بـرای تضـمین پایـداری کشاورزی پرداخته شده است. قزوینی و همکاران (Ghazvini et al., 2012). به ارزیابی وضعیت پایداری باغ‌های انگـور (*Vitis vinifera* L.) شهرستان تاکستان پرداختند و نشان دادنـد، ایـن بـاغ‌هـا در بعـد اقتصادی وضعیت به نسبت پایدار، ولی در بعـد حفاظـت و اسـتفاده از مواد شیمیایی و استفاده بیش از حد از آب، وضـعیت ناپایـداری دارنـد. محمدی و همکـاران (Mohammadi et al., 2013) پایـداری تولیـد برنج در ایـران را بـا اسـتفاده از ۱۱ شـاخص در سـه بعـد اقتصـادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ارزیابی کردند، برای وزن‌دهی شاخص‌هـا از تحلیل مؤلفه‌های اصلی و بـرای اتصـال شـاخص‌هـا از روش ترکیـب خطی صعودی استفاده شد. همچنین رضایی و همکاران (Rezaee et al., 2014)، سن، سطح تحصیلات، کشاورزی تلفیقی، اندازه خـانوار و اشـتغال‌زایـی فعالیـت کشـاورزی را بـه‌عنـوان معیارهـای اجتمـاعی تعیین‌کننده پایداری کشـاورزی در نظـر گرفتنـد. اشـرفی و همکـاران (Ashrafi et al., 2014)، پایـداری را بـا اسـتفاده از شـاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، با تأکید بر رویکردهای اقتصادی برای توسعه پایدار کشاورزی روستایی بررسی می‌کننـد. نتـایج نشـان می‌دهد که شاخص‌های توسعه پایدار روستاها طی سـال‌های تحقیـق بهبود یافته و روستاها به سمت توسعه پایدار رفته‌اند. دانگ و همکاران (Dong et al., 2015) در مطالعه‌ای کـه بـا هـدف ارزیـابی پایـداری مزارع ایالات متحده انجام شد، از تحلیل جامع داده‌ها و تحلیل عاملی استفاده شد. در این پـژوهش، از ۱۶ شـاخص بـرای سـنجش میـزان پایداری استفاده شد. ژانگ و لیو (Zhang & Liu, 2015) روش‌هـای جدیدی را برای ارزیابی جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی مناطق عمده کشاورزی چین پیشـنهاد کردنـد. در ایـن تحقیـق، از دو روش برای سنجش پایداری استفاده شد: ۱- روش عملکرد متوازن که عملکرد متوازن را بین جنبه‌های مختلـف انـدازه‌گیـری مـی‌کنـد، ۲- روش دستاورد کلی که همه جنبه‌ها را می‌سنجد. نتایج نشان می‌دهـد که دو روش دارای سطوح بسیار متفاوتی از پایـداری هسـتند. حسـن‌شـاهی و همکـاران (Hassanshahi et al., 2015) نظـام کشـاورزی مرودشت در استان فارس را براساس سه شاخص اقتصادی، اجتمـاعی و زیست‌محیطی رتبه‌بندی کردنـد. بـا توجـه بـه نتـایج بدسـت‌آمده، منطقه شش به‌عنوان منطقه ناپایدار، منطقـه یـک و چهـار بـه‌عنـوان مناطق پایدار، منطقه پنج، منطقـه نسـبتاً پایـدار و منـاطق دو تـا سـه مناطق ناپایدار هسـتند. داداشـیان و همکـاران (Dadashian et al.,

2015) در یک مطالعه، پایداری کشاورزی را در شهرهای منتخب استان آذربایجان شرقی ارزیابی و مقایسه کردند. آن‌ها ۲۴ شاخص را در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی انتخاب کردند. این شاخص‌ها با استفاده از روش رتبه‌بندی تحلیلی وزن‌دهی می‌شوند و پس از ارزیابی سطح پایداری، شهرها براساس سطح پایداری رتبه-بندی می‌شوند. امیرزاده و همکاران (Amirzadeh et al., 2018)، پایداری کشاورزی با استفاده از شاخص ترکیبی پایداری در پنج بعد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، فنی و سیاسی در ایران مورد ارزیابی قرار گرفت. برای دستیابی به این هدف، سطح کلی پایداری کشاورزی طی دوره ۹۴- ۱۳۸۴ با استفاده از شاخص ترکیبی پایداری و وزن‌دهی پارامتر براساس روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین شد. نتایج نشان داد که استان‌های فارس، خراسان رضوی و آذربایجان شرقی بهترین وضعیت پایداری و استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و هرمزگان ضعیف‌ترین پایداری کشاورزی را دارند. مدل ویکور مجموعه رتبه‌بندی شده از گزینه‌های موجود را با توجه به شاخص‌های متضاد تعیین می‌کند؛ به‌طوری‌که رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس این هدف صورت می‌گیرد (Yu, 1973). مطالعات مختلفی در خصوص استفاده از این روش جهت رتبه‌بندی گزینه‌های هدف انجام شده است که در بخش کشاورزی می‌توان به مطالعه قادری و همکاران (Ghaderi et al., 2016) اشاره کرد. نتایج این تحقیق که بین دهستان‌های شهرستان پاوه انجام شده بود، نشان داد که از لحاظ توسعه کشاورزی در زیر محورهای مختلف اختلاف و نابرابری‌هایی وجود دارد و از لحاظ نتایج کلی، دهستان هولی در سطح اول، دهستان‌های سیروان، ماکوان و شمشیر در سطح دوم و دهستان شیوه- سر در سطح سوم توسعه کشاورزی قرار دارند.

از آنجایی که رشد مستمر کشاورزی در کشورهای در حال توسعه یک ضرورت کارآمد اقتصادی است، لازم است از منابع و ابزار تولید در این بخش به بهترین نحو استفاده شود تا ضمن کاهش استفاده از این منابع، سودآوری و رفاه را نیز به همراه داشته باشد. بنابراین، این مطالعه با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[1] ویکور و در ابعاد محیطی، اجتماعی و اقتصادی به ارزیابی و مقایسه پایداری کشاورزی و رتبه‌بندی شهرستان‌های منتخب استان سمنان (سمنان، سرخه و مهدیشهر) بر حسب میزان پایداری شده است.

1- Multi Criteria Decision Making

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان سمنان، با مساحت ۹۷۴۹۱ کیلومترمربع، هفتمین استان پهناور کشور با جمعیتی برابر ۷۰۲۳۶۰ نفر (براساس سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵) می‌باشد و کمتر از یک درصد جمعیت کشور را در خود جای داده است. این استان از نظر وسعت چهار برابر استان تهران می‌باشد و هم‌اکنون شامل هشت شهرستان سمنان، شاهرود، دامغان، گرمسار، مهدیشهر، آرادان، میامی و سرخه می‌باشد. با توجه به مطالعه صورت گرفته توسط مجتهدزاده و همکاران (Mojtahedzadeh et al., 2022)، مرکز عملکردی منطقه شهری سمنان با توجه به شاخص‌های استخراج شده از مبانی نظری تعیین شده است که براساس نتایج به‌دست آمده، شهر سمنان به‌عنوان شهر اصلی و شهرهای مهدیشهر و سرخه به‌عنوان شهرهای پیرامونی انتخاب گردید که مساحت این سه شهرستان به‌ترتیب برابر است با ۱۱۰۱۷، ۱۹۴۳ و ۹۲۲۲ کیلومترمربع می‌باشد. بر این اساس، در این مطالعه وضعیت پایداری کشاورزی سه شهرستان سمنان، مهدیشهر و سرخه مورد ارزیابی قرار گرفته است (شکل ۱).

روش پژوهش

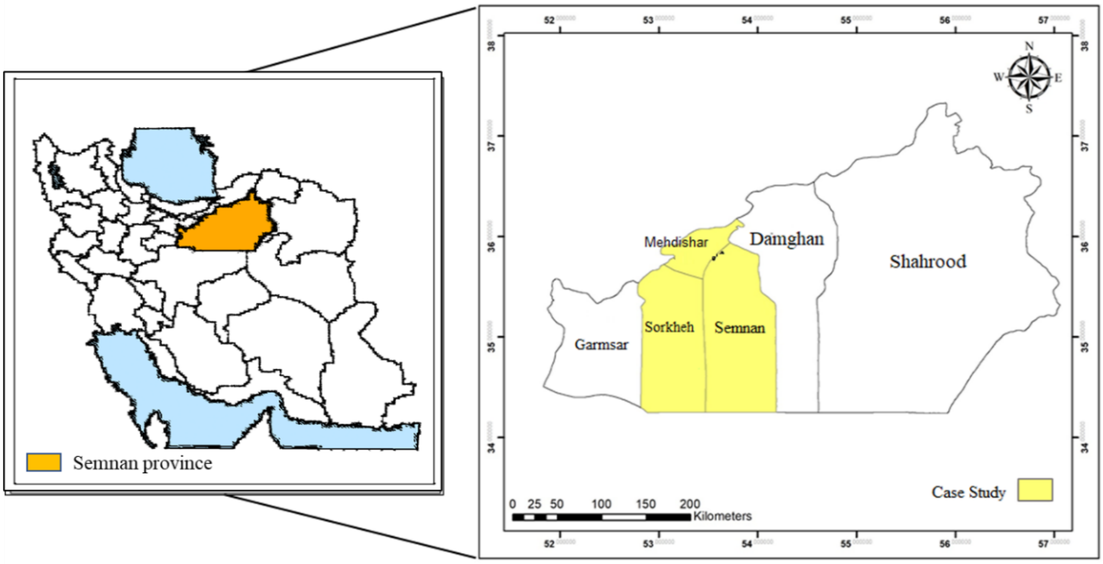
در سند تفصیلی تدبیر و توسعه شهرستان‌های استان سمنان، برآیندی از وضعیت موجود هر شهرستان با استفاده از آمار و اطلاعات سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ جمع‌بندی و ارائه شده است. در بخش کشاورزی این سند، آمار و اطلاعات نشان می‌دهد که شاخص‌های کشاورزی در شهرستان‌های منتخب استان، حاکی از متفاوت بودن سطوح پایداری در آن‌ها می‌باشد (جدول ۱). به نظر می‌رسد که وجود تفاوت‌های طبیعی و مصرف نهاده‌های مختلف در استان سمنان باعث شده است تا شهرستان‌های استان در تولید محصولات کشاورزی متفاوت عمل کرده و به لحاظ پایداری کشاورزی متفاوت از هم باشند.

این پژوهش، از نوع توصیفی- تحلیلی با ماهیت کاربردی است. شیوه گردآوری داده‌های پیمایشی کتابخانه‌ای می‌باشد. در فرآیند تحلیل، ضمن استفاده از داده‌های کمّی سازمان‌ها و آمارنامه‌ها، از نظرهای کارشناسان نیز استفاده شده است. انتخاب افراد پرسش‌شونده به‌صورت طبقه‌ای و سهمیه‌ای صورت گرفته است و از انتخاب تصادفی افراد به‌شدت پرهیز شده است.

جدول ۱- شاخص‌های کشاورزی در شهرستان‌های سمنان، مهدیشهر و سرخه

Table 1- Agricultural indicators in the cities of Semnan, Mahdishahr and Sorkheh

عنوان شاخص Indicator	شهرستان City	سال Year 2012	2013	2014	2015	2016	درصد تغییرات سال ۱۳۹۵ به ۱۳۹۱ Changes in 2016 relative to 2012 (%)
مساحت کل اراضی آبی Total irrigated lands (ha)	سمنان Semnan	9579	9579	9579	9579	9579	0
	مهدیشهر Medishahr	5016	5316	5316	5316	5316	5.98
	سرخه Sorkheh	5385	5385	5385	5385	5385	0
مساحت اراضی تجهیز و نوسازی شده Equipped and renovated lands (ha)	سمنان Semnan	2	6	11	3	5	150
	مهدیشهر Medishahr	0	2	0	1	0	–
	سرخه Sorkheh	0	5	0	1	0	–
سازماندهی مالکیت و صدور اسناد کشاورزی Organization of ownership and issuance of agricultural documents (hectares)	سمنان Semnan	0	0	15.54	69.3	214.3	1279.02
	مهدیشهر Medishahr	0	0	6.5	23	0	–
	سرخه Sorkheh	0	0	0	21	7.4	–64.76
تولید محصولات زراعی آبی Production of irrigated crops (ton)	سمنان Semnan	53183	64464	79943	74827	65336	22.85
	مهدیشهر Medishahr	4365	16533	12967	12991	8412	92.71
	سرخه Sorkheh	27146	24714	17712	16969	18346	–32.42
مساحت باغات مثمر Fruitful gardens (ha)	سمنان Semnan	2567	2697	2831	2907	2943	14.65
	مهدیشهر Medishahr	3151	3239	3291	3366	3380	7.27
	سرخه Sorkheh	1824	1964	2038	2134	2156	18.2
میزان تولید باغات Garden production (ton)	سمنان Semnan	13401	16709	19362	22395	22685	69.28
	مهدیشهر Medishahr	19987	21058	21945	22975	23415	17.15
	سرخه Sorkheh	5069	6566	8256	9891	10074	98.74
میزان تولید محصولات گلخانه‌ای Greenhouse crops production (ton)	سمنان Semnan	1408	1595	2312	3105	4963	252.49
	مهدیشهر Medishahr	965	965	990	1764	538.6	–44.19
	سرخه Sorkheh	300	300	480	444	259	–13.67
سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای Greenhouse crops cultivated area (ha)	سمنان Semnan	7.5	8.5	12.5	16	21.1	181.33
	مهدیشهر Medishahr	5.2	5.2	5.5	10	13	150
	سرخه Sorkheh	1.7	1.7	3.2	2.4	1.4	–17.64



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Fig. 1- Location of the study area

برای ارزیابی پایداری روش‌های مختلفی وجود دارد، امّا کارآمدترین آنها بر تبیین معیارها و شاخص‌های مختلف استوار است. در جدول ۲ معیارها و زیرمعیارهای در نظر گرفته شده به‌منظور ارزیابی پایداری کشاورزی شهرستان‌های سمنان، مهدیشهر و سرخه آورده شده است که در قالب سه معیار اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌باشد که هرکدام شامل چندین زیرمعیار است. یادآوری این نکته ضروری است که معیارها با بررسی‌های صورت گرفته و مصاحبه با متخصصان کشاورزی به‌دست آمده است. در ادامه بعد از شناسایی معیارها و زیرمعیارها، از طریق روش آنتروپی شانون، وزن‌دهی آن‌ها انجام شد و سپس، از طریق مدل ویکور بین این سه شهرستان، پایداری کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش آنتروپی شانون[1]

ایده اصلی روش آنتروپی شانون بر این پایه استوار است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (Jaafari et al., 2014). بنابراین، برای محاسبه اوزان شاخص‌ها به‌ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

در ابتدا، باید ماتریس تصمیم P_{ij} را با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌کنیم.

معادله (۱)

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}$$

که در آن، pij: ماتریس تصمیم و aij: مقادیر هر معیار برای هر گزینه است.

سپس، مقدار آنتروپی (Ej) و یا مقدار اطمینان شاخص pij با استفاده از معادله ۲ محاسبه می‌گردد. (m: تعداد گزینه‌ها می‌باشد)

معادله (۲)

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{n} (p_{ij} * Lnp_{ij})$$

$$K = \frac{1}{Ln(m)}$$

پس از محاسبه آنتروپی مقدار عدم اطمینان محاسبه می‌شود که درجه انحراف از اطلاعات به‌دست آمده برای شاخص j را نشان می‌دهد و با نماد d_j شناخته می‌شود.

معادله (۳)

$$d_j = 1 - E_j$$

و در آخر، وزن شاخص‌ها را با استفاده از معادله ۴ محاسبه می‌کنیم.

معادله (۴)

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{n} d_j} \qquad \sum W_j = 1$$

1- Shannon entropy

جدول ۲- شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی پایداری کشاورزی

Table 2- Indicators used in agricultural sustainability evaluation

معیار Criteria	زیر معیار Sub-criteria	کد Code	شرح Description
زیست‌محیطی Environmental (En)	سهم مصارف کشاورزی از آب زیرزمینی نسبت به کل مصرف Share of agricultural use of groundwater to total consumption	En_1	میزان مصرف آب‌های زیرزمینی برای کشاورزی نسبت به کل مصرف × ۱۰۰ The amount of groundwater consumption for agriculture relative to the total consumption × 100
	سیستم‌های کارآمد آبیاری Efficient irrigation systems	En_2	نسبت اراضی تحت پوشش آبیاری تحت فشار به کل اراضی The ratio of lands covered by pressurized irrigation to the total lands (%)
	حاصلخیزی زمین زراعی Agricultural land fertility	En_3	نسبت سطح زیرکشت به کل زمین‌های زراعی The ratio of cultivated area to total agricultural land
	میزان توزیع کود شیمیایی The amount of chemical fertilizer distribution	En_4	میزان مصرف کودهای شیمیایی تقسیم بر سطح زیرکشت محصولات The consumption of chemical fertilizers divided by the cultivated area (kg.ha^{-1})
	تنوع زراعی Crop diversity	En_5	فرمول H، درجه - تنوع گیاهان زراعی شاخص هرفیندال (1959) Formula H, degree-diversity of agricultural crops (Herfindahl index (1959))
	میزان مصرف سموم The amount of pesticides	En_6	میزان مصرف سموم تقسیم بر سطح زیرکشت محصولات The consumption of pesticides divided by the cultivated area (L.ha^{-1})
اقتصادی Economic (Ec)	ضریب مکانیزاسیون Mechanization coefficient	Ec_1	نسبت مجموع کل توان کششی موجود به مجموع کل سطح زمین‌های زراعی The ratio of the total available traction power to the total area of agricultural land
	عملکرد محصولات کشاورزی Crop yield	Ec_2	عملکرد گندم آبی Irrigated wheat yield (kg.ha^{-1})
	نسبت درآمد خانوار روستایی به شهری Ratio of rural to urban household income	Ec_3	تقسیم درآمد خانوار روستایی به درآمد خانوار شهری Dividing rural household income to urban household income
	سرانه تولید شاغلین بخش کشاورزی Per capita production of agricultural workers	Ec_4	ارزش افزوده بخش کشاورزی تقسیم بر شاغلین بخش کشاورزی The added value of the agricultural sector divided by the number of employees in the agricultural sector
	بهره‌وری اقتصادی آب Water economic productivity	Ec_5	نسبت محصول تولید شده زراعی به مقدار آب مصرفی The ratio of agricultural production to the amount of consumed water
	سرانه اراضی کشت شده Cultivated land per capita	Ec_6	نسبت سطح زیرکشت کل محصولات کشاورزی به جمعیت کل The ratio of the cultivated area of agricultural products to the total area (hectares.person^{-1})
	سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی از تولید The share of added value of agricultural sector from production	Ec_7	میزان تولید بخش کشاورزی تقسیم بر کل تولید ناخالص داخلی The amount of production of the agricultural sector divided by the total gross domestic product (%)
اجتماعی Social (So)	تشکیل کلاس‌های ترویج پایداری (آموزش) Formation of sustainability promotion classes (education)	So_1	نسبت مروج به جمعیت روستایی Proportion of promoters to rural population
	نرخ اشتغال روستایی Rural employment rate	So_2	نسبت جمعیت شاغل روستایی به جمعیت فعال × ۱۰۰ Ratio of the rural working population to the active population × 100
	تراکم جمعیت Population density	So_3	نسبت جمعیت روستایی به مساحت Ratio of rural population to area
	سطح سواد در مناطق روستایی Literacy level in rural areas	So_4	نرخ باسوادی در مناطق روستایی Literacy rate in rural areas (%)
	سهم شاغلان بخش کشاورزی Share of agricultural workers	So_5	نسبت جمعیت شاغل کشاورزی به کل جمعیت شاغل ×۱۰۰ The ratio of the population working in agriculture to the total working population × 100

مدل ویکور[1]

ویکور مدلی مبتنی بر ماتریس تصمیم برای انتخاب گزینه بهینه براساس تعدادی معیار است که توسط اپریکویک معرفی شد (Chen & Wang, 2009). یک مدل سازشی است و به تصمیم‌گیری پیرامون گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف کمک می‌کند. منظور از

1- VIKOR

جواب سازشی نزدیک‌ترین جواب موجه به جواب ایده‌آل است. مدل ویکور از طریق ارزیابی گزینه‌ها براساس معیارها، گزینه‌ها را اولویت-بندی یا رتبه‌بندی می‌کند (Ghaderi et al., 2016). در این مدل، معیارها وزن‌دهی نمی‌شوند، بلکه معیارها از طریق روش‌های دیگر ارزیابی می‌شود. سپس گزینه‌ها براساس معیارها و با ترکیب در ارزش معیارها، ارزیابی شده و رتبه‌بندی می‌شوند.

مراحل حل مسئله با استفاده از مدل ویکور:

الف- تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم مدل ویکور شامل یک ماتریس معیار گزینه‌ای است، یعنی معیارها در ستون و گزینه‌های پژوهش (شهرستان‌ها) که قصد رتبه‌بندی آن‌ها را داریم در سطر قرار می‌گیرند.

ب- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: فرض می‌کنیم m گزینه و n معیار داریم. گزینه های مختلف i بعنوان x_i مشخص شده‌اند. برای گزینه x_j رتبه جنبه jام بعنوان x_{ij} مشخص شده است و برای سایر گزینه‌ها نیز همینطور. x_{ij} ارزش و مقدار معیار jآم است. برای فرایند نرمال سازی مقادیر، جایی که x_{ij} ارزش اصلی گزینه iام و بعد jام است (رابطه ۵).

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^2}}, i=1,2,\dots,m;\quad j=1,2,\dots,n \qquad \text{(۵) معادله}$$

ج- تعیین بردار وزن معیارها و تشکیل ماتریس وزن-دار: توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری تعیین می‌شود.

نکته: این سه گام، در روش آنتروپی مشترک است و انجام شده است.

د- تعیین بهترین و بدترین مقدار: بهترین و بدترین هریک از مقادیر در هر معیار را شناسایی می‌کنیم و و به ترتیب f_j^* و f_j^- می نامیم.

$$f_j^* = Max\, f_{ij} \quad , i=1,2,\dots,m$$
$$f_j^- = Min\, f_{ij}, j=1,2,\dots,n \qquad \text{(۶) معادله}$$

که در آن، f_j^* بهترین راه حل ایده‌آل مثبت برای معیار jام و f_j^- بدترین راه حل ایده‌آل منفی برای معیار jام.

اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه خواهیم داشت که بیشترین امتیاز را خواهد داد که درمورد f_j^- نیز همینطور است.

ه- تعیین شاخص مطلوبیت و نارضایتی: در این مرحله، فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه می‌گردد و سپس، مقادیر شاخص مطلوبیت (Si) و نارضایتی (Ri) براساس معادله‌های ۷ و ۸ به‌دست می‌آید.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_i (f_j^* - f_{ij})/(f^* - f_j^-) \qquad \text{(۷) معادله}$$

$$R_i = \underset{j}{Max}[w_i (f_j^* - f_{ij})/(f^* - f_j^-)] \qquad \text{(۸) معادله}$$

که در آن، S_i بیانگر نسبت فاصله گزینه iام از راه حل ایده آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i بیانگر نسبت فاصله گزینه iام از راه حل ایده آل منفی (بدترین ترکیب) می باشد. برترین رتبه بر اساس ارزش S_i و بدترین رتبه بر اساس ارزش R_i بدست می آید.

ی- محاسبه مقدار ویکور Q_i: این مقدار برای هریک از iها به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

معادله (۹)

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$$

که در آن، $S^* = \underset{i}{Min} S_i$ ، $S^- = \underset{i}{Max} S_i$ ، $R* = \underset{i}{Min} R_i$ و $R^- = \underset{i}{Max} R_i$ و v: وزن استراتژی اکثریت موافق معیار یا حداکثر مطلوبیت گروهی است.

$\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right]$: بیانگر نسبت فاصله از راه حل ایده‌آل منفی گزینه iام و به عبارت دیگر، موافقت اکثریت برای نسبت iام است.

$\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$: بیانگر نسبت فاصله از راه حل ایده آل گزینه iام و به معنی مخالفت با نسبت گزینه iام است. بنابراین هنگامی که مقدار v بزرگتر از 0.5 باشد شاخص Q_i منجر به اکثریت موافق می‌شود و هنگامی که مقدار آن کمتر از 0.5 می شود شاخص Q_i بیانگر نگرش منفی اکثریت است. بطور کلی وقتی مقدار v برابر 0.5 است بیانگر نگرش توافقی متخصصان ارزیابی است. در انتها بر اساس مقادیر Q_i، گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌نماییم (Yu, 1973). در این پژوهش، سه شهرستان مهدیشهر، سرخه و سمنان به‌ترتیب گزینه اول تا سوم می باشند.

نتایج و بحث

نتایج وزن‌دهی شاخص‌ها از طریق روش آنتروپی

وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده از تحقیق به روش آنتروپی طی مراحل نام برده شده، به‌دست آمده است. ابتدا ماتریس تصمیم معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی پایداری کشاورزی در منطقه سه شهرستان مهدیشهر، سرخه و سمنان تشکیل شد (جدول ۳).

در مرحله بعد به‌منظور نرمال‌سازی مقادیر ماتریس، ابتدا همه مقادیر ماتریس به‌توان ۲ رسانده و مجموع هر ستون جمع می‌گردد و سپس، جذر مجموع هر ستون گرفته می‌شود و در نهایت، هر یک مقادیر بر جذر به‌دست آمده تقسیم می‌گردد (جدول ۴).

پس از نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری، مقدار آنتروپی و یا مقدار اطمینان هر شاخص محاسبه می‌گردد و سپس، مقدار عدم اطمینان محاسبه می‌شود که درجه انحراف از اطلاعات به‌دست آمده برای هر شاخص را نشان می‌دهد و با نماد(d_j)شناخته می‌شود و در آخر، وزن شاخص‌ها محاسبه گردید (جدول ۵).

جدول ۳- ماتریس تصمیم معیارهای ارزیابی پایداری کشاورزی
Table 3- Decision-making matrix of agricultural sustainability assessment criteria

مکان Site	زیست‌محیطی Environmental	اقتصادی Economic	اجتماعی Social
گزینه 1 (مهدیشهر) Option 1 (Mehdishahr)	10.855	13.933	16.117
گزینه 2 (سرخه) Option 2 (Sorkheh)	25.763	26.398	25.628
گزینه 3 (سمنان) Option 3 (Semnan)	17.925	22.891	24.216
جمع ستون Total column	54.543	63.223	65.962

جدول ٤- ماتریس نرمال شده تصمیم معیارهای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی
Table 4- Normalized decision matrix of environmental sustainability evaluation criteria

مکان Site	زیست‌محیطی Environmental	اقتصادی Economic	اجتماعی Social
گزینه 1 (مهدیشهر) Option 1 (Mehdishahr)	0.199	0.220	0.244
گزینه 2 (سرخه) Option 2 (Sorkheh)	0.472	0.417	0.388
گزینه 3 (سمنان) Option 3 (Semnan)	0.328	0.362	0.367

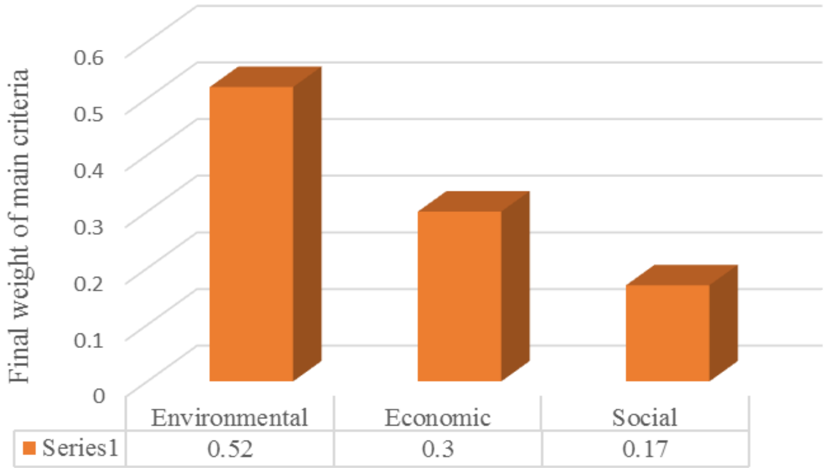
جدول ۵- مقادیر اطمینان (E)، عدم اطمینان (d) و وزن معیارها (w) پس از نرمال‌سازی
Table 5- Confidence interval (E), uncertainty (d) and criteria weights (w) after normalization

مکان Site	زیست‌محیطی Environmental	اقتصادی Economic	اجتماعی Social
K=1/Ln (m)	-1.041	-1.065	-1.079
Ej	0.947	0.970	0.982
dj	0.052	0.029	0.017
Wj	0.524	0.300	0.174

براساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۵ از سه معیار در نظر گرفته شده در بخش ارزیابی پایداری کشاورزی، معیار زیست‌محیطی با وزن

نهایی ۰/۵۲ بالاترین امتیاز را کسب کرده است و بعد از آن، معیار اقتصادی با وزن ۰/۳ در رتبه دوم و معیار اجتماعی با مقدار ۰/۱۷ کمترین وزن معیار را در ارزیابی پایداری کشاورزی به خود اختصاص داده است (شکل ۲). نتایج مشابهی توسط محققان دیگر گزارش شده است که می‌توان به تحقیق داداشیان و همکاران (Dadashian Sarai et al., 2015) اشاره کرد که معیار زیست‌محیطی بیشترین و معیار اجتماعی کمترین تأثیر را در پایداری کشاورزی در شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی دارد. نتایج مطالعه داورپناه و همکاران (Davarpanah et al., 2016) نشان داد که معیار زیست‌محیطی با وزن نسبی ۰/۴۴۳ بیشترین و معیار اجتماعی با وزن نسبی ۰/۱۶۹ کمترین تأثیر را پایداری کشاورزی دارد. در این زمینه می‌توان گفت که نتیجه بررسی نظر کارشناسان جهاد کشاورزی نیز مطابق نتایج حاصل از این بخش تحقیق است که دستیابی به کشاورزی پایدار در اولویت اول توجه و رعایت مسائل زیست‌محیطی و کاهش آسیب و زیان‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی را می‌طلبد و در مرحله بعد مسائل اجتماعی و اقتصادی منابع موجود مورد توجه قرار بگیرد.

در ادامه وزن هر یک از زیرمعیارها به‌روش آنتروپی نیز محاسبه گردید، به همین منظور ابتدا ماتریس تصمیم و نرمال برای زیر معیارها با در نظر گرفتن سه گزینه مورد نظر تحقیق تشکیل و پس از نرمال‌سازی، وزن‌دهی هر یک از آن‌ها صورت گرفت (جدول ۶).



شکل ۲- وزن نهایی معیارهای مورد نظر در ارزیابی پایداری زیست‌محیطی

Fig. 2- The final weight of the desired criteria in the assessment of environmental sustainability

جدول ٦- ماتریس نرمال تصمیم زیر معیارهای ارزیابی پایداری کشاورزی

Table 6- The normalized decision matrix of agricultural sustainability evaluation sub-criteria

معیار Criteria	En1	En2	En3	En4	En5	En6	Ec1	Ec2	Ec3	Ec4	Ec5	Ec6	Ec7	So1	So2	So3	So4	So5
وزن معیار Criterion weight	0.52						0.30							0.17				
گزینه 1 (مهدیشهر) Option 1 (Mehdishahr)	0.557712	0.349228	0.159776	0.094617	0.052536	0.060064	0.912613	0.985842	0.797051	0.909096	0.020481	0.333773	0.017336	0.019335	0.145313	0.185313	0.165313	0.114944
گزینه 2 (سرخه) Option 2 (Sorkheh)	0.127896	0.133235	0.134354	0.059681	0.176204	0.130426	0.001854	0.000281	3.98E-05	0.001842	0.008245	0.129201	0.017346	0.017345	0.093167	0.143167	0.113167	0.113106
گزینه 3 (سمنان) Option 3 (Semnan)	0.07305	0.0761	0.125846	0.051018	0.141175	0.091664	0.003063	0.000464	6.57E-05	0.003046	0.004709	0.070092	0.237529	0.237517	0.087266	0.097266	0.097266	0.123195

جدول ۷- نتایج وزن نهایی برای هر زیر معیار در ارزیابی پایداری کشاورزی

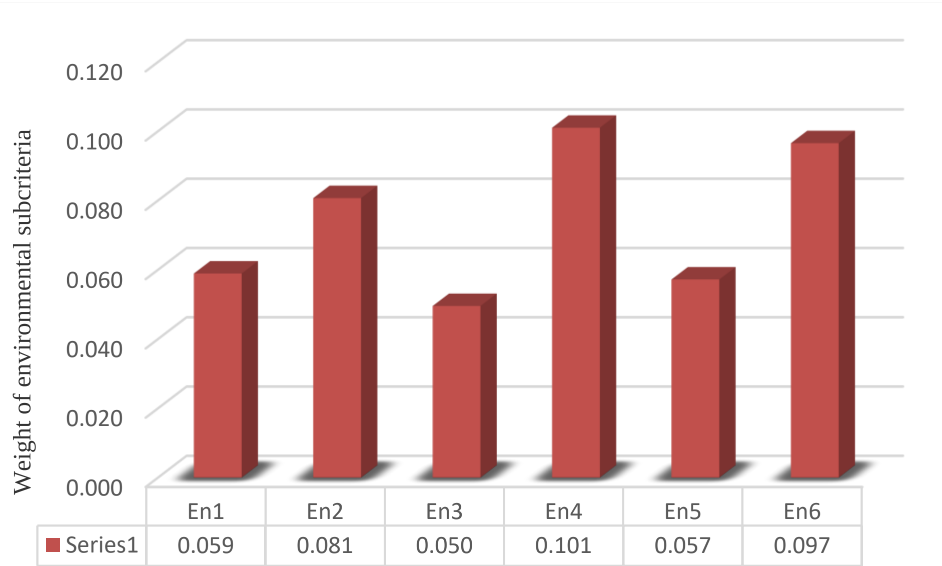
Table 7- The results of the final weight for each sub-criteria in the assessment of agricultural sustainability

معیار Criteria	کد Code	زیر معیارها Sub-criteria	مقدار آنتروپی Entropy value (E_j)	مقدار عدم اطمینان amount of uncertainty (d_j)	وزن زیرمعیار weight Sub-criteria (w_j)
زیست‌محیطی Environmental	En_1	سهم مصارف کشاورزی از آب زیرزمینی نسبت به کل مصرف Share of agricultural use of groundwater to total consumption	0.709825	0.290175	0.059
	En_2	سیستم‌های کارآمد آبیاری Efficient irrigation systems	0.757286	0.242714	0.081
	En_3	حاصلخیزی زمین زراعی Agricultural land fertility	0.74963	0.25037	0.050
	En_4	میزان توزیع کود شیمیایی The amount of chemical fertilizer distribution	0.494379	0.505621	0.101
	En_5	تنوع زراعی Crop diversity	0.67092	0.32908	0.057
	En_6	میزان مصرف سموم The amount of pesticides	0.594964	0.405036	0.097
اقتصادی Economic	Ec_1	ضریب مکانیزاسیون Mechanization coefficient	0.102719	0.897281	0.046
	Ec_2	عملکرد محصولات کشاورزی Crop yield	0.018123	0.981877	0.062
	Ec_3	نسبت درآمد خانوار روستایی به شهری Ratio of rural to urban household income	0.165514	0.834486	0.032
	Ec_4	سرانه تولید شاغلین بخش کشاورزی Per capita production of agricultural workers	0.105487	0.894513	0.051
	Ec_5	بهره‌وری اقتصادی آب Water economic productivity	0.131465	0.868535	0.076
	Ec_6	سرانه اراضی کشت شده Cultivated land per capita	0.743613	0.256387	0.038
	Ec_7	سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی از تولید The share of added value of agricultural sector from production	0.438792	0.561208	0.052
اجتماعی Social	So_1	تشکیل کلاس‌های ترویج پایداری (آموزش) Formation of sustainability promotion classes (education)	0.444243	0.555757	0.067
	So_2	نرخ اشتغال روستایی Rural employment rate	0.650122	0.349878	0.040
	So_3	تراکم جمعیت Population density	0.743959	0.256041	0.028
	So_4	سطح سواد در مناطق روستایی Literacy level in rural areas	0.701601	0.298399	0.033
	So_5	سهم شاغلان بخش کشاورزی Share of agricultural workers	0.685533	0.314467	0.035

سپس مقدار آنتروپی (E_j)، عدم اطمینان (d_j) و وزن زیرمعیارها (w_j) محاسبه گردید و نتایج آن در جدول ۷ نمایش داده شده است. همچنین در نمودار شکل ۳، ۴ و ۵ وزن زیرمعیارها هر گروه نمایش داده شده است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، در بین زیرمعیارهای زیست محیطی، زیرمعیارهای میزان توزیع کود شیمیایی با وزن ۰/۱۰۱ و میزان مصرف سموم با وزن ۰/۹۷ و همچنین زیرمعیار سیستم‌های کارآمد آبیاری با وزن ۰/۰۸۱ بیشترین اهمیت و زیرمعیار حاصلخیزی

خاک با وزن ۰/۰۵۰ کمترین اهمیت را در پایداری کشاورزی دارند (شکل۳). به بیان دیگر با کاهش کاربرد کود و سموم شیمیایی و در کنار آن افزایش استفاده کارآمد از سامانه‌های نوین آبیاری که به لحاظ بالا بردن بازده آبیاری یکی از راهکارهای اساسی برای رویارویی با کم‌آبی می‌باشد، باعث افزایش سطح پایداری کشاورزی می‌شود. زیرمعیارهای رعایت تناوب کشت زراعی، حاصلخیزی خاک و سهم مصارف کشاورزی از آب زیرزمینی نسبت به کل مصرف با وزن ۰/۰۵۰، ۰/۰۵۷ و ۰/۰۵۹ دارای اهمیت تقریباً یکسان در ارزیابی و حفاظتی و پایداری کشاورزی می‌باشند.



شکل ۳- وزن زیرمعیارهای زیست‌محیطی در ارزیابی پایداری کشاورزی

Fig. 3- The weight of environmental sub-criteria in the assessment of agricultural sustainability

En_1: سهم مصارف کشاورزی از آب زیرزمینی نسبت به کل مصرف، En_2: شاخص سیستم‌های کارآمد آبیاری، En_3: حاصلخیزی زمین زراعی، En_4: میزان توزیع کود شیمیایی، En_5: تنوع کشت زراعی، En_6: میزان مصرف سموم

En_1: Share of agricultural use of groundwater to total consumption, En_2: Efficient irrigation systems, En_3: Agricultural land fertility, En_4: The amount of chemical fertilizer distribution, En_5: Crop diversity, En_6: The amount of pesticides

در بین زیرمعیارهای اقتصادی، زیرمعیار بهره‌وری اقتصادی آب با وزن ۰/۰۷۶ و عملکرد محصولات کشاورزی با وزن ۰/۰۶۲ بیشترین اهمیت و زیرمعیار نسبت درآمد خانوار روستایی به شهری با وزن ۰/۰۳۲ کمترین میزان اهمیت را دارا است. از آنجا که افزایش تولید باعث افزایش درآمد کشاورزان نیز می‌شود، هر راهکاری که ضمن رعایت اصول پایداری و سلامت زیست‌محیطی به افزایش تولید کمک کند، در نهایت پایداری کشاورزی را افزایش خواهد داد. لذا حرکت به سمت کشاورزی پایدار با کاهش هزینه‌های تولید و سوددهی آن همراه خواهد بود. نتایج مشابهی در این بخش در تحقیق داداشیان و همکاران (Dadashian Sarai et al., 2015) به‌دست آمد. بدین نحو که در بین زیرمعیارهای شاخص اقتصادی، زیرمعیار سوددهی مزرعه، بیشترین اهمیت و زیرمعیار ضریب مکانیزاسیون، کمترین اهمیت را در پایداری کشاورزی دارد. مقایسه زیرمعیارهای معیار اقتصادی در راستای کشاورزی پایدار در شکل ۴ نمایش داده شده است. همچنین در مطالعه رضایی و کرامت‌زاده (Rezaee & Keramatzadeh, 2020)، براساس معیار اقتصادی، بازده ناخالص کشاورزی تعیین‌کننده‌ترین عامل در پایداری (۴۵ درصد) اقتصادی است.

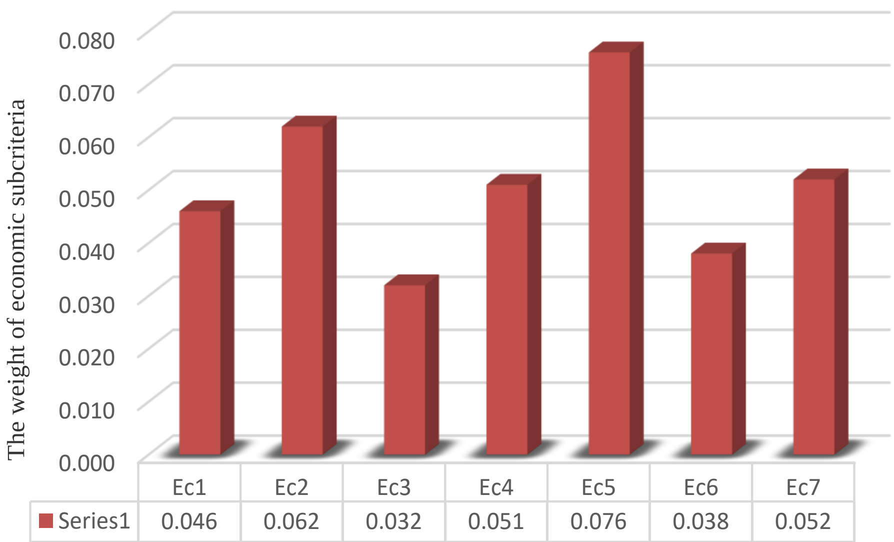
در بین زیرمعیارهای شاخص اجتماعی، زیرمعیار تشکیل کلاس-های ترویج پایداری (آموزش) با وزن ۰/۰۶۷ بیشترین اهمیت و زیرمعیار تراکم جمعیت با وزن ۰/۰۲۸ کمترین نقش را در پایداری کشاورزی دارد. اهمیت بالای زیر معیار آگاهی کشاورزان از نظام‌های کشاورزی پایدار به این معنی است که هر چه میزان این آگاهی در جهت پایداری بیشتر باشد، با تشکیل کلاس‌های ترویج و آموزش‌های لازم افزایش یافته و بیشترین تأثیر را در پایداری کشاورزی ایفا می-

کند. ضعف منابع انسانی به‌خاطر بی‌توجهی به امر ترویج و آموزش بهره‌برداران، از چالش‌های جدی تلقی شده و توانمندسازی منابع انسانی با ترویج شیوه‌های نوین کشاورزی، از ضرورت‌های توسعه کشاورزی به‌شمار می‌آید و آموزش مستمر کشاورزان نقش شایان توجهی را در بهبود پایداری کشاورزی ایفا می‌کند. مقایسه زیرمعیارهای بعد اجتماعی در راستای کشاورزی پایدار در شکل ۵ نمایش داده شده است. براساس مطالعه رضایی و کرامت‌زاده (Rezaee & Keramatzadeh, 2020) از بعد اجتماعی، سطح تحصیلات کشاورز تأثیرگذارترین عامل در تعیین پایداری است.

براساس مقایسه وزن نسبی نهایی زیرمعیارها، زیر معیارهای مصرف کود شیمیایی و سموم در واحد سطح بیشترین و تراکم جمعیت به‌ترتیب با وزن نهایی ۰/۱۰۱ و ۰/۰۲۸ بیشترین و کمترین نقش را در ارزیابی پایداری کشاورزی دارند.

نتایج رتبه‌بندی گزینه‌ها (شهرستان‌ها) از طریق مدل ویکور

در ادامه با توجه به وزن‌های به‌دست آمده از قسمت پیشین و داده‌های مربوط به هر معیار، رتبه‌بندی شهرستان‌های مورد نظر با مدل ویکور انجام گرفت. همان‌طور که در بخش‌های قبل عنوان گردید، گزینه‌های مد نظر در این تحقیق سه شهرستان سمنان، مهدیشهر و سرخه می‌باشد که از لحاظ پایداری کشاورزی این شهرستان‌ها رتبه‌بندی می‌گردند. در مرحله نخست ماتریس تصمیم و ماتریس نرمال تشکیل می‌شود که در بخش محاسبه وزن از طریق روش آنتروپی شانون تشکیل گردید. سپس نقطه ایده‌آل مثبت و منفی برای هر معیار و زیرمعیار در ماتریس را در میان همه گزینه‌ها تعیین کرده و به‌ترتیب +F و -F می‌نامیم که بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد هر ستون تعیین می‌باشد. در ادامه شاخص مطلوبیت و نارضایتی معیارها محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۸ و ۹ نمایش داده شده است.

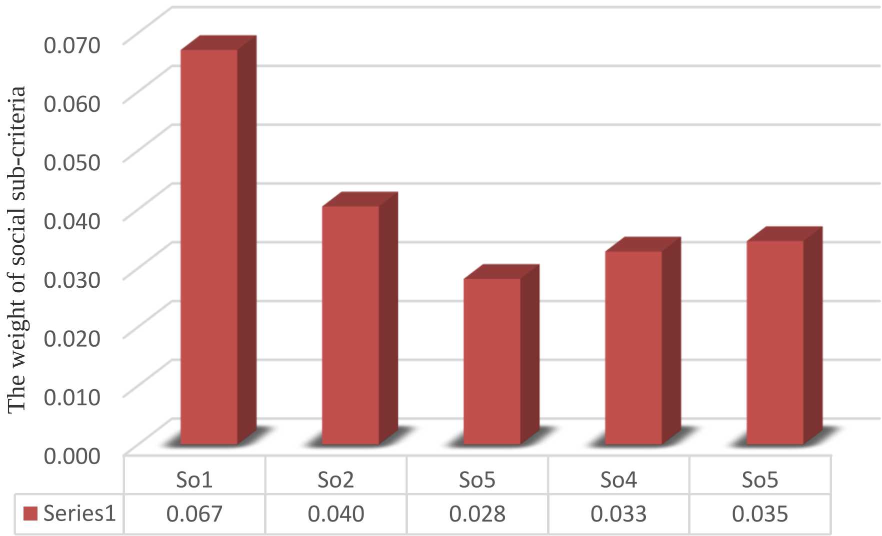


شکل ٤- وزن زیرمعیارهای اقتصادی در ارزیابی پایداری کشاورزی

Fig. 4- The weight of economic sub-criteria in the assessment of agricultural sustainability

Ec_1: ضریب مکانیزاسیون، Ec_2: عملکرد محصولات کشاورزی، Ec_3: نسبت درآمد خانوار روستایی به شهری، Ec_4: سرانه تولید شاغلین بخش کشاورزی، Ec_5: بهره‌وری اقتصادی آب، Ec_6: سرانه اراضی کشت شده، Ec_7: سهم ارزش افزوده بخش کشاورزی از تولید

Ec_1: Mechanization coefficient, Ec_2: Crop yield, Ec_3: Ratio of rural to urban household income, Ec_4: Per capita production of agricultural workers, Ec_5: Water economic productivity, Ec_6: Cultivated land per capita, Ec_7: The share of added value of agricultural sector from production



شکل ۵- وزن زیرمعیارهای اجتماعی در ارزیابی پایداری کشاورزی

Fig. 5- The weight of social sub-criteria in the evaluation of agricultural sustainability

So_1: تشکیل کلاس‌های ترویج پایداری (آموزش)، So_2: نرخ اشتغال روستایی، So3: تراکم جمعیت، So_4: سطح سواد در مناطق روستایی، So_5: سهم شاغلان بخش کشاورزی

So_1 Formation of sustainability promotion classes (education), So_2: Rural employment rate, So3 Population density, So_4: Literacy level in rural areas, So_5: Share of agricultural workers

جدول ۸- محاسبه شاخص مطلوبیت و نارضایتی معیارها

Table 8- Calculation of the desirability and dissatisfaction index of the criteria

معیار Criteria	زیست‌محیطی Environmental (0.52)						اقتصادی Economic (0.30)							اجتماعی Social (0.17)					مطلوبیت Desirability	نارضایتی dissatisfaction
زیرمعیار Sub-criteria	En_1	En_2	En_3	En_4	En_5	En_6	Ec_1	Ec_2	Ec_3	Ec_4	Ec_5	Ec_6	Ec_7	So_1	So_2	So_3	So_4	So_5	S	R
گزینه 1 (مهدیشهر) Option 1 (Mehdishahr)	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0	0.034	0.003	0	0.3	0.3	0.3	0.221	0.125	0	0	0	0	3.885	0.52
گزینه 2 (سرخه) Option 2 (Sorkheh)	0.0014	0.00143	0	0	0	0.313	0	0.3	0.3	0.000815	0.000826	0.000815	0.3	0.17	0.17	0.17	0.17	0.132	2.030	0.3133
گزینه 3 (سمنان) Option 3 (Semnan)	0	0	0.468	0.468	0.468	0.52	0.3	0	0.194	0	0	0	0	0	0.153	0.153	0.1532	0.17	3.0507	0.52

جدول ۹- محاسبه فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت و منفی (+R- و -+S)

Table 9- Calculation of the distance from the positive and negative ideal solution (R-+ and S+-)

فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت Distance from the positive ideal solution		فاصله از راه حل ایده‌آل منفی The distance from the ideal solution is negative	
S+	3.885	R+	0.52
S-	2.030	R-	0.313
S+-S-	1.854	R+-R-	0.206

جدول ۱۰- مقدار Q و رتبه‌بندی نهایی مناطق مورد مطالعه

Table 10- Q value and final rank of the study areas

مکان Site	شاخص مطلوبیت Desirability S	شاخص نارضایتی dissatisfaction R	مقدار ویکور VIKOR Value Q	رتبه نهایی Final rank
گزینه 1 (مهدیشهر) Option 1 (Mehdishahr)	3.885	0.52	1	3
گزینه 2 (سرخه) Option 2 (Sorkheh)	2.030	0.31	0	1
گزینه 3 (سمنان) Option 3 (Semnan)	3.050	0.52	0.775	2

در انتها، شاخص ویکور و رتبه‌بندی گزینه‌ها که همان امتیاز نهایی هر گزینه محاسبه گردید. ذکر این موضوع ضروری است که در مدل ویکور کمتر بودن مقدار Q به‌منزله مطلوبیت بالای آن است (جدول ۱۰).

جدول ۱۰ بیانگر رتبه نهایی هر شهرستان در پایداری کشاورزی با توجه به شاخص‌های در نظر گرفته شده می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که از مجموع سه معیار و ۱۸ زیرمعیار مورد مطالعه که پایداری کشاورزی در سه شهرستان استان سمنان با هم متفاوت است، به‌طوری‌که شهرستان سرخه با مساحت ۹۲۲۲ کیلومترمربع در رتبه اول، سمنان با مساحت ۱۱۰۱۷ کیلومترمربع در رتبه دوم و شهرستان مهدیشهر با مساحت ۱۹۴۳ کیلومترمربع در رتبه سوم از نظر کشاورزی پایدار قرار دارند. با بررسی تک به تک زیرمعیارهای پایداری شهرستان سرخه می‌توان نشان داد که از مهم‌ترین دلایل وضعیت مطلوب پایداری کشاورزی در این شهرستان نسبت به دو شهرستان دیگر، دارا بودن بیشترین میزان سیستم‌های کارآمد کشاورزی و پایین بودن معیارهای کاربرد کود و با سموم شیمیایی اشاره کرد. همچنین از مهم‌ترین علت قرارگرفتن شهرستان مهدیشهر در رتبه سوم می‌توان در جنبه‌های مختلف مدیریت تولید و مصرف محصولات کشاورزی دانست. از جمله برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی و عدم نظارت، عدم مصرف بهینه کود و سموم شیمیایی، کاهش حاصلخیزی و باروری اراضی، پایین بودن شاخص تنوع زراعی، پایین بودن درآمد روستایی نسبت به شهری و عدم اطلاع رسانی در زمینه کشاورزی پایدار به کشاورزان می‌باشد.

این نتایج گویای اهمیت توجه بیشتر به شاخص‌های زیست‌محیطی در کنار معیارهای اقتصادی مانند دستیابی به سود بیشتر در تولید محصولات زراعی است و نشان می‌دهد که بنابر اصول توسعه پایدار کشاورزی، تنها با بالا بردن میزان عملکرد و درآمد حاصل از تولید محصولات رسیدن به توسعه پایدار کشاورزی امکان پذیر نمی‌باشد، بلکه بایستی در جهت بهبود وضعیت شاخص‌های زیست‌محیطی به‌ویژه در مناطق با پایداری کمتر به کاهش کاربرد مواد شیمیایی مانند کودها و سموم و استفاده بیشتر از روش‌های آبیاری کارآمد و نیز عملیات خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر توجه شود.

همچنین با توجه به نتایج این پژوهش، پرورش و جذب نیروی انسانی کارآمد برای تشکیل کلاس‌های ترویجی و آموزشی برای کشاورزان در راستای انجام عملیات کشاورزی پایدار و استفاده از روش‌های نوین کشاورزی مبتنی بر اصول توسعه پایدار بسیار اهمیت دارد و باید در اولویت کاری مدیریت جهاد کشاورزی هر منطقه قرار بگیرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که شهرستان سرخه بهترین و شهرستان مهدیشهر از ضعیف‌ترین منطقه از نظر پایداری

کشاورزی بودند. همچنین، نتایج تحقیق نشان داد که معیار زیست‌محیطی بیشترین و معیار اجتماعی کمترین تأثیر را در پایداری کشاورزی مناطق منتخب داشت. با توجه به نتایج این پژوهش، پرورش و جذب نیروی انسانی کارآمد برای تشکیل کلاس‌های ترویجی و آموزشی برای کشاورزان در راستای انجام عملیات کشاورزی پایدار و استفاده از روش‌های نوین کشاورزی مبتنی بر اصول توسعه پایدار بسیار اهمیت دارد و باید در اولویت‌کاری مدیریت جهاد کشاورزی هر منطقه قرار گیرد.

References

1. Amirzadeh Moradabadi, S., Ziaei, S., Mehrabi Basharabadi, H., & Kikha, A. (2018). Assessing agricultural sustainability in Iran using the combined sustainability index. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *2*(49), 661-674. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijaedr.2018.252301.668565
2. Ashrafi, M., Hooshmand, M., & Keramatzadeh, A. (2014). A study of sustainable agricultural development in rural areas with emphasis on economic approach (Case study: Villages of Kashmar county). *Quarterly Journal of Rural Development Strategies*, *1*(2), 51-68. https://doi.org/10.22059/jhgr.2018.253223.1007653
3. Chen, S. K. (2000). The establishment of evaluation and indices system for Chinese sustainable development. *World Environment*, *1*, 1–9. https://doi.org/10.3390/su11082270.
4. Chen, L.Y., & Wang, T.C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of Production Economics*, *120*(1), 233-242. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.022
5. Dadashian Sarai, M., Dashti, Q., Hayati, B., & Ghahramanzadeh, M. (2015). Combined application of hierarchical analysis and TOPSIS technique in determining the weight value of criteria and assessing agricultural sustainability (Case study: Selected cities of East Azerbaijan province). *Agricultural Science and Sustainable Production*, *25*(1), 145-157. (In Persian with English abstract)
6. Davarpanah, S., Bonab, S.H., & Khodaverdizadeh, M. (2016). Assessment and comparison of sustainable agriculture approach using a combination of AHP and TOPSIS. *International Academic Journal of Economics*, *3*(9), 7-18.
7. Dong, F., Mitchell, P.D., & Colquhoun, J. (2015). Measuring farm sustainability using data envelope analysis with principal components: The case of Wisconsin cranberry. *Journal of Environmental Management*, *147*, 175-183. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.025.
8. Ghaderi, N., Shams, A., Ahadnejad Reveshty, M., & Hooshmandan Moghaddam Fard, Z. (2016). Measuring and analyzing agricultural development of sub districts in Paveh township using Vikor method. *Agricultural Economics and Development*, *24*(1), 81-109. (In Persian with English abstract) (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.30490/aead.2016.59023 .
9. Ghanbari, Y., & Barghi, H. (2009). Challenges in sustainable Iranian agriculture development. *Strategic Journal*, *219*, 18-23. https://doi.org/18.252301.66856520ijaedr./10.22059
10. Ghazvini, M., Veisi, H., Mahdavi Damghani, A.M., Khoshbakht, K., & Ali Nejatian, M. (2012). Study of sustainability status in vineyards of Takestan county by using Framework for Evaluation Sustainable Land Management (FESLM). *Journal of Agroecology*, *2*(1), 104-115. (In Persian with English abstract)
11. Hassanshahi, H., Iravani, H., Daneshvar Ameri, Z., & Kalantari, K. (2015). Measure and comparison of economic, social and ecological sustainability of farming systems in the Marvdasht Plain. *Journal of Desert*, *20*(2), 231-239. https://doi.org/10.22059/jdesert.2015.56485 .
12. Jaafari, A., Najafi, A., Pourghasemi, H.R., Rezaeian, J., & Sattarian, A. (2014). GIS-based frequency ratio and index of entropy models for landslide susceptibility assessment in the Caspian forest, northern Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *11*, 909-926. https://doi.org/10.1007/s13762-013-0464-0
13. Jamali Moghadam, E., Yazdani, S., Salami, H., & Peykani, G. (2017). Measuring sustainability of farmers plains of Kamin Fars province: Comparison of methods PCA and AHP. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *48*(2), 23-33. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2017.62006
14. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., & Mansouri, H. (2013). Zoning status of sustainable agricultural development in Iran and providing strategies for sustainability. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *23*, 181-197. (In Persian with English abstract)

15. Liu, F., & Zhang, H. (2015). Novel methods to assess environmental, economic, and social sustainability of main agricultural regions in China. *Journal of Agronomy for Sustainable Development*, *33*(3), 621–633. https://doi.org/10.1007/s13593-012-0131-8.
16. Mohammadi Yeganeh, B., Valai, M., & Cheraghi, M. (2013). The effects of water level decrease in Urmia Lake on the agricultural economy of the surrounding villages (Case study: Merhamatabad North, Miandoab city). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *2*(5), 56-71(In Persian with English abstract)
17. Mojtahedzadeh, A., Karkehabadi, Z., & Kamyabi, S. (2022). Determining the spatial boundaries of urban-region for Semnan and its surrounding area using the method of measurement of Inductive flows. *Journal of Geographical Researches*, *37*(2), 163-170. (In Persian with English abstract) . http://georesearch.ir/article-1-1320-en.html
18. Munssing, M., & Shearer, W. (1995). Defining and measuring sustainability. The United Nations University, The Word Bank.
19. Rezaee, A., & Keramatzadeh, A. (2020). Evaluation of environmental, economic and social Sustainability of crops (case study: Gorgan County). *Journal of Natural Environment*, *73*(3), 515-528. https://doi.org/10.22059/jne.2020.297011.1905
20. Rezaee, A., Mortazavi, S., Peykani, G., & Khalilian, S. (2014). Evaluation and comparison of the sustainability level of agronomy crops under drought condition by using MCDA in the East of Zayandeh-Rud river basin. *Journal of Environmental Studies*, *40*(2), 529-540. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jes.2014.51217.
21. Spiertz, J.H.J. (2010). Nitrogen, sustainable agriculture and food security: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *30*, 43-55. https://doi.org/10.1051/agro:2008064.
22. Tatlidil, F., Boz, I., & Tatlidil, H. (2009). Farmers' perception of sustainable agriculture and its determinants: A case study in Kahramanmaras province of Turkey. *Journal of Environment, Development and Sustainability*, *11*, 1091–1106. https://doi.org/10.1007/s10668-008-9168-x.
23. Yaghobi, N., & Sedighi, H. (2016). Investigating the factors affecting acceptance of sustainable agricultural techniques from wheat men's perspective (Case study: Villages of Ayaz Chay village in Tabriz city). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *47*(2), 13-21. https://doi.org/10.22059/ijaedr.2016.58830
24. Yu, P. (1973). A class of solutions for group decision problems. *Journal of Management Science*, *19*, 936-946. http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.19.8.936.
25. Zhen, L., & Routray, J. K. (2003). Operational indicators for measuring agricultural sustainability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, *32*(1), 34–46. https://doi.org/10.1007/s00267-003-2881-1